

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
7 mars 2002 (07.03.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/19442 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : H01L 43/06

(71) Déposant (*pour tous les États désignés sauf US*) :
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE -CNRS- [FR/FR]; 3, rue Michel-Ange,
F-75794 Paris Cedex 16 (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR01/02703

(22) Date de dépôt international : 30 août 2001 (30.08.2001)

(72) Inventeurs; et

(25) Langue de dépôt :

(75) Inventeurs/Déposants (*pour US seulement*) : ROBERT,
Jean-Louis [FR/FR]; 12, impasse du Romarin, F-34920
Le Cres (FR). PERNOT, Julien [FR/FR]; 250 Route de
Mende, Résidence Le Pré aux Clercs, Bâtiment Florian,
F-34090 MONTPELLIER (FR). CAMASSEL, Jean
[FR/FR]; 840, avenue de Rouargues, F-34980 Saint-Clément-de-Rivière (FR). CONTRERAS, Sylvie [FR/FR];
440, impasse Chemin Vieux, F-34150 Gignac (FR).

(26) Langue de publication :

français

français

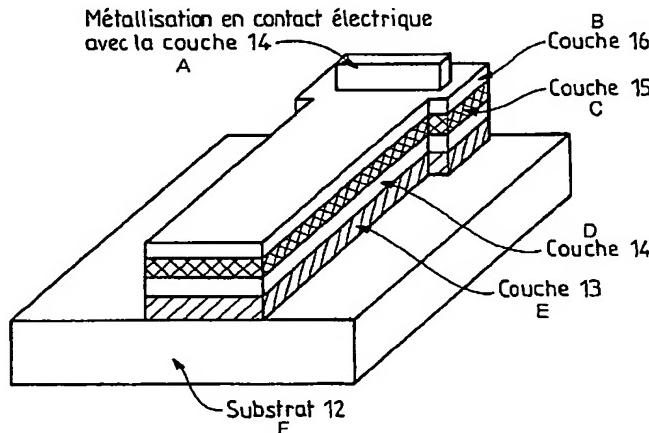
(30) Données relatives à la priorité :

00/11087 30 août 2000 (30.08.2000) FR

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HALL-EFFECT SENSOR

(54) Titre : CAPTEUR A EFFET HALL



Vue suivant le plan de coupe A'A' dudit capteur
G

A...METAL PLATING IN CONTACT WITH LAYER 14

B...LAYER 16

C...LAYER 15

D...LAYER 14

E...LAYER 13

F...SUBSTRATE 12

G...VIEW ALONG SECTION PLANE AA' OF SAID SENSOR

(57) Abstract: The invention concerns a Hall-effect sensor consisting of a multilayer structure comprising a thin semiconductor material layer deposited on a semiconductor substrate (12), the two layers being electrically insulated with an insulation. The invention is characterised in that the substrate (12) is a n+ type semiconductor material whereon is deposited an insulating material consisting of a p-type semiconductor layer (13), and the thin active layer (14) is of the n- type doped in exhaustion mode. Preferably, the active layer consists of a silicon carbide or a gallium nitride layer.

(57) Abrégé : La présente invention concerne un capteur à effet Hall constitué par une structure multicouche comprenant une couche mince d'un matériau semi-conducteur déposée sur un substrat (12) semi-conducteur, les deux couches étant isolées électriquement par un isolant, caractérisé en ce que le substrat (12) est un matériau semi-conducteur de type n+ sur lequel est déposé un matériau d'isolation constitué par une couche semi-conductrice de p-, et en ce que la couche mince active (14) est de type n- dopé en régime d'exhaustion. De préférence, la couche active est constitué par une couche de carbure de silicium ou de niture de gallium.

WO 02/19442 A1



(74) **Mandataires :** BREESE, Pierre etc.; Breese-Majerowicz,
3, avenue de l'Opéra, F-75001 Paris (FR).

(81) **États désignés (national) :** AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK,
SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA,
ZW.

(84) **États désignés (régional) :** brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien
(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen

(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

CAPTEUR A EFFET HALL

La présente invention concerne le domaine des sondes de Hall, destinées à la mesure quantitative de champs magnétiques.

Le principe général des sondes à effet Hall est bien connu. On connaît en particulier des sondes constituées par une structure multicoche comprenant une couche mince d'un matériau semi-conducteur, déposée sur un substrat lui-même semi-conducteur, les deux couches étant isolées électriquement.

A titre d'exemple, le brevet européen EP572298 décrit un capteur à effet Hall « à gaz d'électrons bidimensionnel » comprenant, sur un substrat isolant, une structure à puits quantique, une couche d'apport de porteurs adjacente à la structure à puits quantique, d'épaisseur inférieure à 250 angströms et possédant une densité surfacique de donneurs intégrée sur toute l'épaisseur de la couche d'apport de porteurs inférieure à une valeur seuil, une couche d'enfouissement isolante déposée sur la couche d'apport de porteurs, possédant une bande de conduction d'énergie supérieure à l'énergie de Fermi du capteur et d'épaisseur supérieure à 200 angströms.

Le brevet européen EP458466 décrit un dispositif à effet Hall comprenant un substrat, une couche active formée en diamant semi-conducteur, déposée sur le substrat, une paire d'électrodes déposées sur des cotés opposés de la couche active, pour introduire un courant dans la couche active dans une direction, et une autre paire d'électrodes déposées sur d'autres cotés opposés de la couche active pour détecter une tension ou une composante de tension qui est induite dans une direction qui est de façon générale orthogonale à la direction du courant.

Le brevet US5536953 décrit un semi-conducteur à large bande comportant plusieurs dopants à faible concentration.

Le problème que posent les capteurs selon l'état de la technique est celui du domaine de fonctionnement. En effet, les capteurs conformes à l'état de l'art voient leurs performances métrologiques se dégrader (diminution de la sensibilité, non-linéarité...) pour des températures supérieures à 200° C.

Cette dégradation est liée au comportement de la structure (défauts d'isolation électrique couche active/substrat) et/ou de la couche active (changement des mécanismes de conduction...).

Le but de l'invention est de proposer un capteur à effet Hall présentant une faible sensibilité à la température, typiquement de moins de 250 ppm/°C pour des températures de fonctionnement supérieures à 200 °C, et présentant un coefficient de Hall KH élevé, de l'ordre de plusieurs centaines de Volt/Ampère/Tesla. KH est inversement proportionnel à la densité de porteurs surfaciques et à la charge de l'électron.

À cet effet, l'invention concerne, selon son acception la plus générale, un capteur à effet Hall constitué par une structure multicoche comprenant une couche mince active, d'un matériau semi-conducteur, déposée sur un substrat isolant, semi-isolant ou semi-conducteur mais de type différent de celui de la couche mince semi-conductrice. Dans tous les cas, la couche active est isolée électriquement du substrat.

De préférence, la couche active est recouverte par un isolant (oxyde ou nitrure de silicium, par exemple) et par un isolant de passivation. Le taux de dopage de la couche active est choisi de façon à ce que le capteur fonctionne en régime d'exhaustion (ionisation totale des

dopants) dans toute la gamme de température correspondant à l'utilisation.

5 Selon un premier mode de réalisation, la couche active et/ou la couche d'isolation et/ou le substrat sont constitués par une couche de carbure de silicium de type hexagonal. Avantageusement, le taux de dopage de la couche active n° est inférieur à $5 \cdot 10^{15}$ par cm³.

10 Selon une variante, la couche active est une couche de carbure de silicium de type cubique. Selon une variante, la couche active est une couche de nitrures à base de GaN et/ou de ses alliages.

15 Selon une variante, la couche active est réalisée à partir d'un matériau à bande interdite plus faible que celle des matériaux ci-dessus (cas du silicium par exemple).

20 La gamme de températures correspondant au régime d'exhaustion est, dans ce cas, décalée vers les basses températures (inférieures à 200 °C) et est limitée vers les hautes températures (>200°C). La sensibilité à la température peut être plus élevée que dans les cas précédents, et non constante sur tout l'intervalle de température correspondant au régime d'exhaustion et à l'utilisation.

25 De préférence, les matériaux formant le substrat et la couche active sont de même nature, avec des dopages différents.

Selon une variante, la couche active pourra être transférée sur un substrat de nature différente. Elle pourra être collée par adhésion moléculaire.

30 Selon une variante particulière, l'invention concerne un capteur à effet Hall constitué par une structure multicoche comprenant une couche mince active, d'un matériau semi-conducteur, déposée sur un substrat semi-conducteur, les deux couches étant isolées 35 électriquement par une couche isolante. L'ensemble de la

structure est caractérisé en ce que le substrat est un matériau semi-conducteur de type n⁻, sur lequel est déposé un matériau d'isolation constitué par une couche semi-conductrice de type P⁺, et en ce que la couche mince active est de type n⁻.

Selon un mode de réalisation particulier, le capteur selon l'invention est constitué par un barreau présentant un tronc prolongé par deux paires de bras latéraux, le tronc présentant à chacune de ses extrémités une électrode pour l'alimentation électrique, deux bras latéraux opposés comportant des électrodes pour l'acquisition du signal de Hall, et deux bras adjacents présentant des électrodes pour la mesure de la résistance.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'un exemple non limitatif de réalisation qui suit, ce référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente une vue de dessus d'un capteur selon l'invention ;
- la figure 2 représente une vue selon un plan de coupe médian dudit capteur.

Le capteur de Hall selon l'exemple de réalisation décrit à titre d'exemple présente une forme générale de « croix de Lorraine » avec un corps (1), une première paire de bras (2, 3) latéraux et une seconde paire de bras latéraux (4, 5), l'ensemble étant destiné à une mesure d'un champ magnétique perpendiculaire au plan formé par l'axe médian du corps (1) et par l'axe médian d'une paire de bras au moins (2, 3 par exemple).

L'une des paires de bras (2, 3) présente des électrodes (6, 7) pour l'acquisition du signal de Hall.

Le corps présente par ailleurs deux électrodes (8, 9) disposées à ses extrémités opposées, pour l'alimentation avec une tension d'excitation ou une alimentation en courant. En outre, deux bras adjacents (2, 4) présentant des électrodes (6, 10) pour la mesure de la

résistance de la structure, mesure qui permet de déduire la température du capteur de Hall.

La figure 2 représente une vue selon un plan de coupe transversal. La sonde de Hall selon un premier mode de réalisation de l'invention est conçue pour présenter une impédance de quelques kilo-ohms, typiquement de l'ordre de 10 kilo-ohms, une sensibilité thermique de l'ordre de 200 ppm/ $^{\circ}$ C et un facteur KH de l'ordre de plusieurs centaines de V/A/T.

Pour atteindre ces performances, la sonde de Hall selon l'invention est constituée par un substrat (12) réalisé en un semi-conducteur dopé n⁻. Le semi-conducteur est monocristallin de type carbure de silicium (SiC) de préférence de type 4H - SiC.

Sur ce substrat est déposée, par exemple par épitaxie, une couche d'isolation (13). Cette couche est constituée d'un matériau semi-conducteur identique à celui du substrat dopé p⁻.

Sur cette couche d'isolation (13) est déposée une couche mince active (14) constituée d'un semi-conducteur dopé n⁻. Le semi-conducteur est monocristallin de type carbure de silicium SiC, de type 4H-SiC.

La couche active est elle-même revêtue de façon optionnelle par une couche d'isolant (15) et une couche de passivation (16), par exemple en oxyde de Silicium (SiO₂).

La structure du capteur selon l'invention met en œuvre des semi-conducteurs à grand gap, travaillant en régime d'exhaustion.

Selon une variante, la couche active pourra être déposée sous forme de nitrures (GaN et/ou alliages). Le substrat pourra être soit du saphir sur lequel sera déposée une couche tampon, soit du carbure de silicium avec couche tampon, soit un nitrure ou tout autre substrat.

REVENDICATIONS

1 - Capteur à effet Hall constitué par une structure multicoche comprenant une couche mince active déposée sur un substrat (10), caractérisé en ce que le substrat (10) est un matériau isolant, semi-isolant ou semi-conducteur de type respectivement p⁺ ou n⁻ [de façon à isoler électriquement la couche active du substrat] et en ce que la couche active (14) est constituée d'un matériau semi-conducteur faiblement dopé de (type n⁻ ou p⁺) en régime d'exhaustion

2 - Capteur à effet Hall selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche active (14) de type n⁻ est déposée sur une couche d'isolation électrique (13) de type p⁺ [pour isoler électriquement la couche active (14) du substrat (12)].

3 - Capteur à effet Hall selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la couche active (14) de type n⁻ est recouverte par un oxyde thermique (15) et par un isolant de passivation (16).

4 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le taux de dopage de la couche active (14) n⁻ est inférieur à 5.10¹⁵ par cm³.

5 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche active (14) est une couche de carbure de silicium de type hexagonal.

6 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la

couche d'isolation est une couche de carbure de silicium de type hexagonal de type p⁻.

5 7 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat (12) est une couche de carbure de silicium de type hexagonal.

10 8 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche active (14) est une couche de carbure de silicium cubique.

15 9 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche active (14) est une couche de nitrures à base de GaN et/ou de ses alliages.

20 10 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche active (14) est une couche de silicium.

25 11 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les matériaux semi-conducteur formant le substrat (12), la couche d'isolation (13) et la couche active (14) sont de même nature.

30 12 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que la couche active (14) est rapportée sur un support [couche d'isolation ou couche tampon et substrat] et en ce que le substrat (12) et la couche active sont de nature différente.

13 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est constitué par un barreau présentant un tronc prolongé par deux paires de bras latéraux, le tronc présentant à chacun de ses extrémités une électrode pour l'alimentation électrique, deux bras latéraux opposés comportant des électrodes pour l'acquisition du signal de Hall, et deux bras adjacents présentant des électrodes pour la mesure de la résistance.

1/1

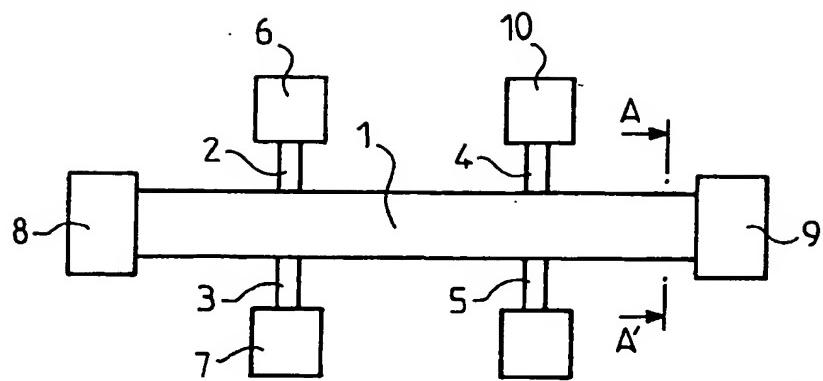


FIG.1 Capteur vue de dessus

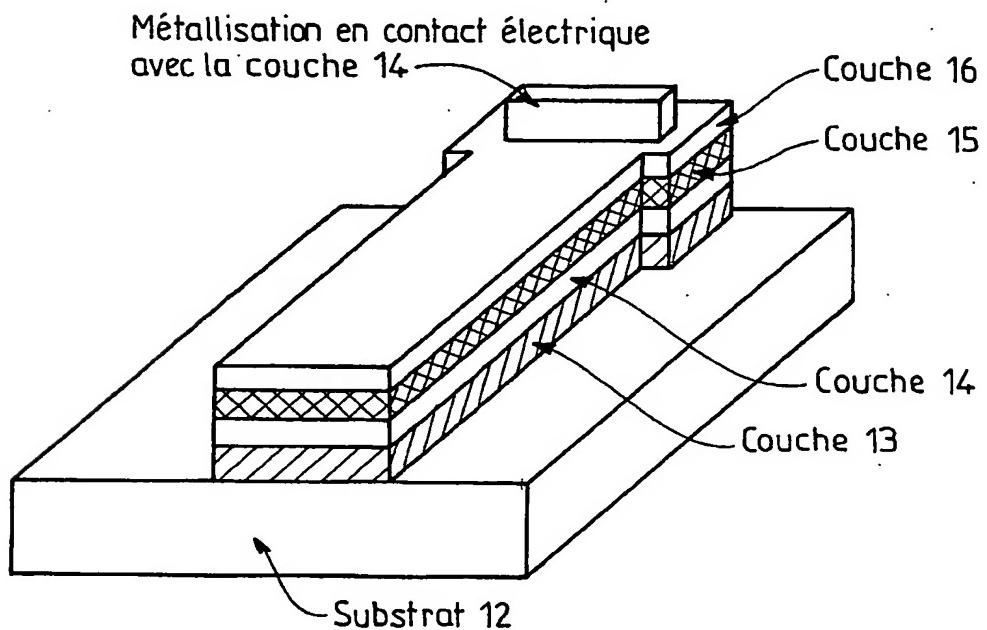


FIG.2 Vue suivant le plan de coupe A A' dudit capteur

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 01/02703

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L43/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H01L GO1R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, COMPENDEX, EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 458 466 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD) 27 November 1991 (1991-11-27) cited in the application	1, 3, 11, 12
Y	the whole document ---	4, 5, 8-10, 13
Y	US 5 536 953 A (DREIFUS DAVID L ET AL) 16 July 1996 (1996-07-16) cited in the application	4, 5, 8-10, 13
A	column 1, line 13 -column 5, line 48 column 10, line 53 -column 11, line 7 figures 11, 12 --- ---	1 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- *8* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 January 2002

Date of mailing of the International search report

21/01/2002

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Köpf, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 01/02703

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 354 412 A (SUZUKI YASUTOSHI ET AL) 11 October 1994 (1994-10-11) column 3, line 15 -column 8, line 31; figures 3,10 -----	1,2,12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/02703

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
EP 0458466	A	27-11-1991	JP	2884707 B2	19-04-1999	
			JP	4026172 A	29-01-1992	
			DE	69121306 D1	19-09-1996	
			DE	69121306 T2	02-01-1997	
			EP	0458466 A2	27-11-1991	
			US	5162886 A	10-11-1992	
US 5536953	A	16-07-1996		NONE		
US 5354412	A	11-10-1994	JP	3214505 B2	02-10-2001	
			JP	5074705 A	26-03-1993	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR 01/02703

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L43/06

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 H01L G01R

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)
INSPEC, COMPENDEX, EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 458 466 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD) 27 novembre 1991 (1991-11-27) cité dans la demande	1, 3, 11, 12
Y	le document en entier ---	4, 5, 8-10, 13
Y	US 5 536 953 A (DREIFUS DAVID L ET AL) 16 juillet 1996 (1996-07-16) cité dans la demande	4, 5, 8-10, 13
A	colonne 1, ligne 13 -colonne 5, ligne 48 colonne 10, ligne 53 -colonne 11, ligne 7 figures 11, 12 --- ---	1 -/-

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- 'T' document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- 'X' document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- 'Y' document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- '&' document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

14 janvier 2002

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

21/01/2002

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Köpf, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale N°
PCT/FR 01/02703

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 354 412 A (SUZUKI YASUTOSHI ET AL) 11 octobre 1994 (1994-10-11) colonne 3, ligne 15 -colonne 8, ligne 31; figures 3,10 -----	1,2,12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR 01/02703

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
EP 0458466	A 27-11-1991	JP JP DE DE EP US	2884707 B2 4026172 A 69121306 D1 69121306 T2 0458466 A2 5162886 A	19-04-1999 29-01-1992 19-09-1996 02-01-1997 27-11-1991 10-11-1992
US 5536953	A 16-07-1996		AUCUN	
US 5354412	A 11-10-1994	JP JP	3214505 B2 5074705 A	02-10-2001 26-03-1993